ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00182v1

大恒肉鸡对不同来源菜籽粕的代谢能和氨基酸营养价值评定

张婵娟　王建萍　丁雪梅　曾秋凤　白世平　张克英*

（四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，雅安 625014）

摘　要：本试验旨在研究大恒肉鸡运用真代谢能（TME）法对不同来源菜籽粕的代谢能（ME）和氨基酸营养价值的评定。从四川省的饲料企业随机收集 12 个菜籽粕样品，评定其 ME 和氨基酸真利用率（TAAA）。ME 评定：分 3 批代谢试验，每批 48 只正常鸡，随机分为 6 个组，每组 8 个重复，每个重复 1 只鸡。TAAA 评定：分 3 批代谢试验，每批 36 只去盲肠鸡，随机分为 6 个组，每组 6 个重复，每个重复 1 只鸡。每批做 1 个内源组，每批之间设 10 d 恢复期。试验采用 TME 法测定 ME，试验鸡饥饿 48 h，然后按体重 2%强饲待测饲粮，收集排泄物 48 h；内源组鸡饥饿 48 h，再继续饥饿收集排泄物 48 h。结果显示：1）12 个菜籽粕样品的干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、总能（GE）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、粗纤维（CF）、粗脂肪（EE）和粗灰分（ash）的平均含量分别为 87.67%、42.10%、19.75 MJ/kg、39.99%、16.13%、15.15%、2.40%和 9.10%；其中，NDF、ADF、EE 和 ash 的变异系数（CV）大于 15%。2）12 个菜籽粕样品的表观代谢能（AME）、氮矫正表观代谢能（AMEn）、TME 和氮矫正真代谢能（TMEn）的平均值分别为 8.627、9.029、9.326 和 8.970 MJ/kg，不同来源菜籽粕的 ME 差异显著（$P<0.05$）。3）12 个菜籽粕样品的氨基酸的平均含量为 0.72%~6.55%，赖氨酸的 CV 最大，为 18.97%。4）12 个菜籽粕样品的 TAAA 的平均值为 68.37%~88.92%，不同来源菜籽粕的 TAAA 差异显著(除蛋氨酸、苏氨酸和丝氨酸外)（$P<0.05$）；必需氨基酸真利用率的平均值为 70.81%，非必需氨基酸真利用率的平均值为 70.43%，总氨基酸真利用率的平均值为 70.45%。以上结果表明：1）不同来源菜籽粕的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 存在差异；2）大恒肉鸡对不同来源菜籽粕的 TAAA 存在差异。

关键词：大恒肉鸡；菜籽粕；代谢能；氨基酸真利用率

中图分类号：S816.11　　　　文献标识码：A　　　　　文章编号：

大恒肉鸡是一种由我国自主培育的肉鸡配套系，目前已在 18 个省得到广泛推广，市场占有率越来越高[1]。菜籽作为一种仅次于大豆的世界第二大油料作物，其副产品菜籽粕可占油粕总产

收稿日期：2017-07-20

基金项目：四川省肉鸡产业链项目（2012NZ0037，2016NZ0003-02）

作者简介：张婵娟（1990—），女，山西运城人，硕士研究生，从事家禽营养研究。E-mail: zhangchanjuancjz@163.com

*通信作者：张克英，教授，博士生导师，E-mail: zkeying@sicau.edu.cn

量的 13%[2-3]。有关菜籽粕在畜禽上的研究非常广泛。菜籽粕的粗蛋白质(CP)含量为 36%~39%，其必需氨基酸含量丰富，尤其是含硫氨基酸，如蛋氨酸（Met）、半胱氨酸（Cys），而赖氨酸（Lys）含量较低。菜籽粕还是可利用的钙、铁、锰、硒和 B 族维生素等的优质来源[4]，生产上可与豆粕互补。评定不同来源菜籽粕对地方优质肉鸡的营养价值，具有重大的生产价值和意义。本试验拟评定大恒肉鸡对不同来源菜籽粕的代谢能(ME)和氨基酸真利用率（TAAA），为有效配制大恒肉鸡饲粮和实现优质肉鸡高效生产提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

ME 评定：分 3 批代谢试验，每批选取正常的健康成年大恒肉鸡 48 只，平均体重为 4 kg，随机分为 6 个组，其中 1 组为禁食对照组(内源组)，1 组为玉米淀粉组，4 组为待测饲粮组。每组 8 个重复，每个重复 1 只鸡。玉米淀粉的 ME 测定为直接强饲，重复测定 3 次。每批之间设 10 d 恢复期。

TAAA 评定：分 3 批代谢试验，每批选取正常的健康去盲肠大恒肉鸡 36 只，随机分为 6 个组，其中 1 组为内源组，5 组为待测饲粮组。每组 6 个重复，每个重复 1 只鸡。每批之间设 10 d 恢复期。

1.2 试验材料

从四川省的饲料企业随机收集 12 种菜籽粕，产地信息见表 1。评定菜籽粕的 ME 和 TAAA 的待测饲粮组成及营养水平见表 2。强饲饲粮的 CP 含量用玉米淀粉稀释到 17%，满足正常肉鸡的营养需要。

表 1 菜籽粕产地信息

Table 1 Producing area information of rapeseed meal

样品 Samples	颜色 Color	产地 Producing area	加工方式 Processing method
1	黄色	四川眉山	预压浸出式
2	黄色	陕西汉中	预压浸出式
3	黄褐色	青海湟源	预压浸出式
4	褐色	陕西西安	预压浸出式
5	黄色	四川雅安	预压浸出式

chinaXiv:201812.00182v1

6	褐色	四川德阳	预压浸出式
7	浅褐色	四川简阳	预压浸出式
8	黄褐色	江苏徐州	预压浸出式
9	浅褐色	四川新津	预压浸出式
10	浅黄色	四川邛崃	压榨式
11	黄褐色	四川梓潼	预压浸出式
12	褐色	四川简阳	预压浸出式

表 2　待测饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 2　Composition and nutrition levels of the diet to be measured (DM basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[3]	含量 Content
玉米淀粉 Corn starch	52.79	粗蛋白质 CP	17.00
菜籽粕 Rapeseed meal	43.65	代谢能 ME/（MJ/kg）	10.21
碳酸钙 $CaCO_3$	0.94	粗脂肪 EE	2.95
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.66	粗纤维 CF	4.32
食盐 NaCl	0.35	钙 Ca	1.00
胆碱 Choline chloride	0.08	有效磷 AP	0.40
多维 Multi-vitamin[1]	0.03	赖氨酸 Lys	0.86
矿物质预混料 Mineral premix[2]	0.50	蛋氨酸 Met	0.53
合计 Total	100.00	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.26
		苏氨酸 Thr	0.65

[1]多维为每千克饲粮提供 Multi-vitamin provided the following per kg of the diet：VA 10 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 30 IU，VK_3 3 mg，VB_1 4 mg，VB_2 8 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.02 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 13 mg，叶酸 folic acid 1 mg。

[2]矿物质预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided the following per kg of the diet：Cu ($CuSO_4{\bullet}5H_2O$) 8 mg，Fe ($FeSO_4{\bullet}H_2O$) 80 mg，Mn ($MnSO_4{\bullet}H_2O$) 80 mg，Zn ($ZnSO_4{\bullet}H_2O$) 100 mg，Se (Na_2SeO_4) 0.3 mg，I (KI) 0.4 mg。

chinaXiv:201812.00182v1

ChinaXiv合作期刊

3)营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 代谢试验

试验在四川农业大学动物营养研究所科研试验基地进行。代谢试验依照 Mcnab 等[5]的真代谢能（TME）法测定 ME：泄殖腔缝合集粪瓶盖后适应 1 周的时间，对代谢鸡只称重，记录体重；试验鸡饥饿 48 h，然后按体重 2%强饲待测饲粮，旋上集粪袋，记录时间，收集排泄物 48 h；内源组鸡饥饿 48 h，继续饥饿，收集排泄物 48 h。饲粮采用过 40 目粉碎机粉碎而成。每只鸡单笼饲养，自由饮水，光照时间 16 h。

去盲肠方法：依据 Poppema 等[6]的方法进行，术前试验鸡饥饿 24 h，拔掉腹部龙骨至泄殖腔 10 cm×5 cm 左右范围的鸡毛，消毒后麻醉；用手术刀下划约 4 cm 的长度，在十二指肠下方位置找出盲肠，使用标准缝合线缝合并剪断盲肠，收缩切除端后用沙布清洗腹腔内血水和血凝块，注入青霉素，依次缝合腹膜、腹肌，最后缝合皮肤。手术后试验鸡进行 6 周的恢复期。

全收粪法收集排泄物：按照 Adeola 等[7]的方法，在强饲后 4、8、16、32 和 48 h 时，分别换取新的集粪袋；待收集完毕后，将每只鸡 48 h 的排泄物均匀混在一起，先在 65 ℃烘箱烘干 72 h，再在空气中回潮 24 h。称重、记录，粉粹过 40 目，−20 ℃保存，用于粪样成分测定。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 菜籽粕常规营养成分含量

菜籽粕中干物质（DM）、CP、总能（GE）、粗纤维（CF）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、粗脂肪（EE）和粗灰分（ash）含量的测定方法参照张丽英[8]的方法。

1.4.2 氮沉积

参照邴于明[9]的公式计算如下指标：

内源氮沉积量（ERN0）=排泄物中的氮；

RN1=(食入饲粮总氮－排泄物氮)/食入饲粮干物质重量；

RN2=(食入饲粮总氮－排泄物氮＋内源排泄物氮)/食入饲粮干物质重量。

式中：RN_1表示家禽每摄入 1 kg 饲粮干物质氮的沉积量；RN_2表示家禽每摄入 1 kg 饲粮干物质去除内源氮部分真正的氮沉积量。

1.4.3 ME

参照 Adeola 等[7]的公式计算如下指标：

chinaXiv:201812.00182v1

chinaXiv:201812.00182v1

内源能损失量（EEL）=禁食鸡排泄物的总能；

表观代谢能（AME）=(食入饲粮总能－排泄物总能)/食入饲粮干物质重量；

菜籽粕 AME=(饲粮 AME×100－饲粮中玉米淀粉含量×玉米淀粉 AME)/饲粮中菜籽粕含量；

氮矫正表观代谢能（AMEn）=AME－RN1×34.39；

TME=(食入饲粮总能－排泄物总能+内源排泄物总能)/食入饲粮干物质重量；

菜籽粕 TME=(饲粮 TME×100－饲粮中玉米淀粉含量×玉米淀粉 TME)/饲粮中菜籽粕含量；

氮矫正真代谢能（TMEn）=TME－RN2×34.39。

式中：34.39 为鸡每克尿氮的产热量。

1.4.4　TAAA

依照 Likuski 等[10]的公式计算如下指标：

TAAA=(食入饲粮氨基酸总量－排泄物氨基酸总量+内源氨基酸总量）/食入饲粮氨基酸总量×100；

食入饲粮氨基酸总量=饲粮干物质总量×饲粮中氨基酸含量；

排泄物氨基酸总量=排泄物干物质总量×排泄物中氨基酸含量。

因为待测饲粮中的菜籽粕是单一提供蛋白质的饲料原料，所以菜籽粕的 TAAA 等于饲粮的 TAAA。

1.5　数据统计与分析

试验数据运用 SAS 9.3 软件进行单因素方差分析，差异显著时用 Duncan 氏法进行多重比较。P<0.05 表示差异显著。

2　结果与分析

2.1　菜籽粕常规营养成分含量

由表 3 可知，12 个菜籽粕样品的 DM、CP、GE、NDF、ADF、CF、EE 和 ash 的平均含量分别为 87.67%、42.10%、19.75 MJ/kg、39.99%、16.13%、15.15%、2.40%和 9.10%。其中 NDF、ADF、EE 和 Ash 的变异系数（CV）大于 15%，以 EE 的 CV 最大。菜籽粕样品 2 和 4 的 NDF、ADF 和 CF 含量高于其他菜籽粕样品，但 CP 含量低于除样品 3 外的其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 10 的 NDF、ADF 和 CF 含量低于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 5 和 10 的 GE 和 EE 含量高于其他菜籽粕样品；EE 含量最低的菜籽粕样品 9（0.62%）和含量最高的菜籽粕样品 10（10.07%）

EE 含量差值最大，为 9.45%；ash 含量与 GE 呈负相关，菜籽粕样品 10 的 GE 最高（21.71 MJ/kg）、ash 含量最低（6.12%），菜籽粕样品 8 的 GE 含量最低（18.83 MJ/kg）、ash 含量最高（12.49%）。

表 3　菜籽粕常规营养成分含量（干物质基础）

Table 3　Conventional nutrient contents in rapeseed meal (DM basis)　　　%

样品 Samples	干物质 DM	粗蛋白质 CP	总能 GE/(MJ/kg)	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	粗纤维 CF	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash
1	88.10	43.92	19.79	37.12	14.84	13.88	1.73	8.07
2	88.26	40.12	19.33	49.69	22.34	18.66	1.46	9.86
3	87.27	39.57	18.87	37.97	17.10	12.86	1.31	11.54
4	87.73	39.19	19.58	50.37	22.91	17.28	0.83	8.95
5	87.34	43.10	21.71	41.49	18.16	14.15	6.72	7.55
6	86.54	42.23	19.25	42.25	15.33	16.39	0.91	10.01
7	89.43	42.86	19.66	34.04	11.66	14.97	1.52	7.77
8	87.17	40.55	18.83	34.58	13.07	13.15	1.46	12.49
9	86.60	42.29	19.29	41.19	15.13	17.19	0.62	9.92
10	86.58	43.12	21.71	23.64	7.10	10.95	10.07	6.12
11	87.83	43.11	19.58	38.53	13.95	15.83	1.15	8.74
12	89.20	45.12	19.79	48.95	21.97	16.52	0.92	8.22
平均值 Mean	87.67	42.10	19.75	39.99	16.13	15.15	2.40	9.10
变异系数 CV/%	1.09	4.38	4.83	19.04	29.12	14.68	121.75	19.47

2.2　菜籽粕的 ME

由表 4 可知，3 个批次的 48 h 内源氮沉积量（ERN_0）分别为：-0.555、-0.549 和-0.528 g/kg BW，48 h 内源能损失量（EEL）分别为 25.573、28.192 和 25.267 MJ/kg BW，差异均不显著（P>0.05）。

由表 5 可知，3 个批次玉米淀粉的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 的平均值分别为 14.393、15.251、16.372 和 16.108 MJ/kg，差异均不显著（P>0.05）。

chinaXiv:201812.00182v1

由表 6 可知，12 个菜籽粕样品的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 的均值分别为 8.627、9.029、9.326 和 8.970 MJ/kg。不同来源菜籽粕的 ME 差异显著（P<0.05）。菜籽粕样品 5 的 AME 和菜籽粕样品 1 的 AMEn、TME 和 TMEn 高于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 6 的 AME 和 AMEn 和菜籽粕样品 12 的 TME 和 TMEn 低于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 7 的 TMEn 较低，与其 DM 和 NDF 含量高有关；菜籽粕样品 5 的 ME 较高，其 GE 含量最高，EE 含量仅低于最高含量，ash 含量仅高于最低含量；菜籽粕样品 6 的 AME 和 AMEn 低于其他菜籽粕样品，其 GE 和 EE 含量均低于平均水平，而 NDF、CF 和 ash 含量均高于平均水平；菜籽粕样品 12 的 TME 和 TMEn 低于其他菜籽粕样品，其 NDF、ADF 和 CF 含量高于平均水平，而 EE 含量低于平均水平。

表 4　不同批次的内源氮沉积量和内源能损失量

Table 4　The ERN_0 and EEL in different batches

批次 Batches	48 h 内源氮沉积量 48 h ERN_0/（g/kg BW）	48 h 内源能损失量 48 h EEL/（MJ/kg BW）
1	-0.555±0.067	25.573±2.782
2	-0.549±0.069	28.192±2.293
3	-0.528±0.051	25.267±2.360
平均值 Mean	-0.545±0.004	26.267±3.837
P 值 *P*-value	0.95	0.70

同列数据肩标相同或无字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)。下表同。

In the same column, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P > 0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P < 0.05). The same as below.

表 5　玉米淀粉的 ME（干物质基础）

Table 5　ME of corn starch (DM basis)　　　　MJ/kg

批次 Batches	表观代谢能 AME	氮矫正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮矫正真代谢能 TMEn
1	14.510±0.225	15.447±0.159	16.669±0.251	16.477±0.159
2	14.213±0.351	14.991±0.331	16.071±0.343	15.732±0.331

chinaXiv:201812.00182v1

批次 Batches	表观代谢能 AME	氮矫正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮矫正真代谢能 TMEn
3	14.443±0.285	15.297±0.264	16.376±0.285	16.117±0.264
平均值 Mean	14.393±0.369	15.251±0.256	16.372±0.310	16.108±0.682
P 值 *P*-value	0.78	0.51	0.42	0.20

表 6　菜籽粕的 ME（干物质基础）

Table 6　ME of rapeseed meal （DM basis）　MJ/kg

样品 Samples	表观代谢能 AME	氮矫正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮矫正真代谢能 TMEn
1	9.301±0.720^{a}	9.753±0.502^{a}	10.623±0.720^{a}	10.598±0.569^{a}
2	8.904±0.552^{ab}	9.293±0.485^{ab}	9.841±0.552^{ab}	9.619±1.167^{b}
3	9.000±0.456^{ab}	9.339±0.464^{ab}	9.924±0.456^{ab}	9.355±1.226^{bc}
4	8.058±0.418^{ab}	8.347±0.381^{b}	8.958±0.418^{bc}	8.314±1.105^{d}
5	9.418±0.213^{a}	9.665±0.184^{a}	10.343±0.213^{a}	9.682±0.523^{b}
6	7.619±0.335^{b}	8.180±0.188^{b}	8.552±0.335^{bc}	8.201±0.460^{d}
7	8.397±0.201^{ab}	8.690±0.180^{ab}	8.770±0.201^{bc}	8.326±0.510^{d}
8	8.335±0.293^{ab}	8.724±0.276^{ab}	8.707±0.293^{bc}	8.577±0.519^{cd}
9	8.887±0.431^{ab}	9.293±0.377^{ab}	9.280±0.431^{abc}	8.950±1.059^{bcd}

chinaXiv:201812.00182v1

样品 Samples	表观代谢能 AME	氮矫正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮矫正真代谢能 TMEn
10	8.401±0.439^{ab}	8.853±0.397^{ab}	8.795±0.439^{bc}	8.514±1.121^{cd}
11	9.209±0.406^{a}	9.740±0.314^{a}	9.590±0.406^{abc}	9.389±0.766^{bc}
12	7.786±0.213^{b}	8.314±0.155^{b}	8.326±0.213^{c}	8.021±0.414^{d}
平均值 Mean	8.627±0.598	9.029±0.552	9.326±1.004	8.970±0.933
P 值 *P*-Value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.3　菜籽粕的氨基酸含量

由表 7 可知，12 个菜籽粕样品氨基酸的平均含量为 0.72%~6.55%，CV 为 4.53%~18.97%。Lys 的 CV 最大（18.97%），甘氨酸（Gly）的最小（4.53%）。菜籽粕样品 2 的精氨酸（Arg）、组氨酸（His）、异亮氨酸（Ile）、亮氨酸（Leu）、Lys、Met、苏氨酸（Thr）、缬氨酸（Val）、丙氨酸（Ala）、天冬氨酸（Asp）、Cys 和丝氨酸（Ser）含量均低于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 3 的谷氨酸（Glu）和脯氨酸（Pro）含量均低于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 10 的 Arg、His、Ile、Lys、Val、Cys 和 Glu 含量均高于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 6 的 Tyr 和 Ala 含量均高于其他菜籽粕样品。

2.4　菜籽粕的 TAAA

由表 8 可知，12 个菜籽粕样品的 Arg、His、Ile、Leu、Lys、Met、苯丙氨酸（Phe）、Thr、Val、Ala、Asp、Cys、Glu、Pro、Ser、Tyr（酪氨酸）和 Gly 的真利用率的平均值分别为 88.92%、75.74%、75.46%、81.31%、68.37%、84.44%、81.47%、70.83%、71.25%、72.37%、70.68%、71.06%、83.33%、74.17%、74.11%、78.81%和 72.05%。不同来源菜籽粕的 TAAA 差异显著（除 Met、Thr 和 Ser 外）（P<0.05）。必需氨基酸真利用率的平均值为 70.81%，非必需氨基酸真利用率的平均值

chinaXiv:201812.00182v1

为 70.43%，总氨基酸真利用率的平均值为 70.45%。菜籽粕样品 2 的 Arg、Met、Thr、Gly、Ala、Asp、Cys、Glu、Pro 和 Ser 以及菜籽粕样品 4 的 Leu、Lys 和 Phe 的真利用率均低于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 10 的 Arg、Ile、Lys、Met、Gly、Asp、Glu 和 Pro 以及菜籽粕样品 3 的 His、Leu、Phe、Thr、Ala、Ser 和 Tyr 的真利用率均高于其他菜籽粕样品；菜籽粕样品 3 的 Arg、Ile、Gly、Asp、Cys、Glu、Pro 和菜籽粕样品 10 的 His、Leu、Thr 和 Ser 的真利用率仅低于最高利用率的菜籽粕样品；菜籽粕样品 4 的 Arg、Ile、Gly、Val、Ala、Asp、Cys 和 Glu 的真利用率仅高于最低利用率的菜籽粕样品。本试验中菜籽粕样品 10 的大部分 TAAA 大于其他菜籽粕样品。

chinaXiv:201812.00182v1

chinaXiv:201812.00182v1

表 7　菜籽粕的氨基酸含量（干物质基础）

Table 7　Amino acid contents of rapeseed meal　（DM basis）　%

项目 Items	样品 Samples												平均值 Mean	变异系数 CV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
必需氨基酸 EAA														
精氨酸 Arg	2.17	1.75	1.89	2.11	1.90	2.01	2.21	1.96	1.88	2.40	2.05	1.90	2.02	8.88
组氨酸 His	1.09	0.90	0.91	1.14	0.94	1.09	1.06	0.94	0.99	1.20	0.99	1.03	1.02	9.28
异亮氨酸 Ile	1.47	1.21	1.25	1.46	1.24	1.51	1.44	1.33	1.46	1.51	1.37	1.34	1.38	7.80
亮氨酸 Leu	2.65	2.32	2.35	2.79	2.34	2.70	2.61	2.41	2.62	2.69	2.58	2.60	2.56	6.22
赖氨酸 Lys	1.91	1.24	1.77	1.52	1.39	1.82	2.18	1.86	1.79	2.44	1.86	1.46	1.77	18.97
蛋氨酸 Met	0.75	0.62	0.68	0.81	0.81	0.76	0.75	0.64	0.73	0.66	0.69	0.72	0.72	8.62
苯丙氨酸 Phe	1.58	1.42	1.35	1.69	1.36	1.62	1.51	1.41	1.54	1.56	1.51	1.53	1.51	6.91
苏氨酸 Thr	1.59	1.43	1.50	1.71	1.45	1.64	1.63	1.50	1.59	1.60	1.60	1.58	1.57	5.25
缬氨酸 Val	1.92	1.64	1.69	1.96	1.68	1.98	1.93	1.79	1.94	2.00	1.87	1.83	1.85	6.79
总必需氨基酸 Total EAA	15.13	12.52	13.39	15.18	13.12	15.13	15.32	13.83	14.55	16.05	14.51	13.99	14.39	7.25
非必需氨基酸 NEAA														
丙氨酸 Ala	1.89	1.69	1.69	1.95	1.70	2.06	1.88	1.74	1.97	1.94	1.89	1.87	1.86	6.63

chinaXiv:201812.00182v1

天冬氨酸 Asp	2.51	2.23	2.38	2.63	2.25	2.53	2.56	2.32	2.46	2.52	2.46	2.42	2.44	5.09
半胱氨酸 Cys	1.06	0.84	0.92	0.96	1.05	0.92	1.01	0.91	0.87	1.06	0.99	1.03	0.97	7.86
谷氨酸 Glu	6.78	5.96	5.61	7.13	6.35	6.56	6.78	6.11	6.43	7.30	6.59	7.00	6.55	7.55
脯氨酸 Pro	2.68	2.34	2.30	3.09	2.51	2.60	2.89	2.52	2.49	2.86	2.66	2.78	2.64	8.80
丝氨酸 Ser	1.63	1.49	1.53	1.75	1.53	1.68	1.69	1.52	1.62	1.67	1.66	1.66	1.62	5.08
酪氨酸 Tyr	1.19	0.96	1.00	1.16	0.92	1.29	1.10	1.04	1.19	1.13	1.08	1.05	1.09	9.74
甘氨酸 Gly	1.99	1.76	1.90	1.91	1.90	1.92	1.81	1.73	1.79	1.74	1.90	1.90	1.85	4.53
总非必需氨基酸 Total NEAA	19.74	17.27	17.32	20.59	18.20	19.57	19.71	17.89	18.83	20.21	19.23	19.71	19.02	5.85
总氨基酸 Total AA	34.87	29.79	30.71	35.78	31.32	34.70	35.03	31.72	33.37	36.27	33.74	33.70	33.42	6.25

表 8　菜籽粕的 TAAA（干物质基础）

Table 8　TAAA of rapeseed meal (DM basis)　　　　%

项目 Items	样品 Samples												平均值	*P* 值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	*P*-value
必需氨基酸 EAA														
精氨酸 Arg	88.58±0.50^{abc}	85.95±1.58^{c}	90.92±0.70^{ab}	86.19±1.95^{c}	90.11±0.77^{ab}	88.28±0.74^{abc}	88.77±0.51^{abc}	89.74±1.08^{ab}	89.09±1.29^{abc}	91.51±0.62^{a}	89.18±0.70^{abc}	88.11±0.81^{bc}	88.92±2.42	<0.05
组氨酸 His	78.39±0.	75.85±2.	84.13±0.	72.09±4.	80.57±1.	70.22±0.	72.84±1.	69.84±2.	74.77±3.	83.06±1.	72.18±1.	73.43±1.	75.74±4.	<0.05

chinaXiv:201812.00182v1

项目 Items	样品 Samples 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值 Mean	P 值 *P*-value
	81^{abc}	57^{bcd}	55^{a}	06^{cd}	16^{ab}	63^{d}	24^{cd}	28^{d}	40^{bcd}	31^{a}	28^{cd}	76^{cd}	82	
异亮氨酸 Ile	76.53±0.89^{abcd}	73.04±2.74^{bcde}	78.94±0.70^{ab}	70.69±3.23^{de}	77.98±1.04^{abc}	78.24±1.59^{ab}	69.88±0.86^{e}	78.73±1.52^{ab}	76.08±3.46^{abcd}	79.39±1.23^{a}	72.09±1.13^{cde}	73.58±1.81^{abcde}	75.46±4.52	<0.05
亮氨酸 Leu	80.48±0.80^{bcd}	78.06±2.23^{cd}	86.12±0.46^{a}	76.79±2.73^{d}	84.37±0.61^{ab}	81.57±0.86b^{c}	81.57±0.72^{bc}	82.31±1.02^{abc}	80.28±2.45^{bcd}	84.74±0.94^{ab}	80.10±0.78^{bcd}	78.65±1.41^{cd}	81.31±3.42	<0.05
赖氨酸 Lys	68.02±1.19^{bc}	56.45±4.07^{d}	71.52±1.11^{b}	53.76±5.85^{d}	60.97±2.45^{cd}	73.53±2.05^{ab}	73.84±0.38^{ab}	75.17±1.98^{ab}	75.89±3.22^{ab}	80.49±0.87^{a}	70.89±1.08^{b}	58.33±2.62^{d}	68.37±6.19	<0.05
蛋氨酸 Met	80.84±2.70^{abc}	73.45±2.99^{c}	85.89±2.40^{abc}	90.21±4.82^{a}	84.08±2.02^{abc}	76.73±1.74^{bc}	82.89±4.07^{abc}	90.32±8.11^{a}	87.23±5.86^{ab}	90.69±1.62^{a}	86.55±2.23^{ab}	84.14±2.95^{abc}	84.44±9.55	0.07
苯丙氨酸 Phe	81.34±0.70^{bc}	78.75±2.25^{c}	85.75±0.49^{a}	78.61±2.45^{c}	85.41±0.58^{a}	80.26±0.52^{bc}	81.31±0.55^{bc}	81.07±1.18^{bc}	79.93±1.96^{c}	84.35±1.09^{ab}	80.64±0.80^{bc}	79.60±1.36^{c}	81.47±3.17	<0.05
苏氨酸 Thr	67.49±1.53^{b}	66.22±3.94^{b}	77.47±1.67^{a}	68.23±4.54^{ab}	72.90±2.33^{ab}	70.56±2.50^{ab}	69.50±0.99^{ab}	71.98±3.22^{ab}	72.16±4.17^{ab}	74.75±2.39^{ab}	69.2±2.23^{ab}	69.08±2.47^{ab}	70.83±6.80	0.23
缬氨酸 Val	72.59±0.99^{bc}	67.19±3.05^{cde}	75.11±0.91^{ab}	64.74±3.95^{de}	72.47±1.16^{bc}	77.49±0.77^{ab}	62.50±1.66^{e}	79.26±1.61^{a}	68.90±2.68^{cd}	76.03±1.19^{ab}	65.98±1.44^{de}	72.73±1.75^{bc}	71.25±4.68	<0.05

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00182v1

项目 Items	样品 Samples 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值 Mean	*P* 值 *P*-value
总必需氨基酸 Total EAA	75.01±0.71^{abcd}	70.98±2.49^{de}	79.39±0.74^{a}	68.64±3.07^{e}	76.58±1.04^{abc}	32.29±2.60^{f}	71.73±0.66^{cde}	74.11±1.16^{bcd}	72.45±2.14^{cde}	78.41±0.94^{ab}	71.47±1.11^{cde}	71.90±1.46^{cde}	70.81±3.92	<0.05
非必需氨基酸 NEAA														
丙氨酸 Ala	70.07±0.97^{bcd}	67.45±2.96^{d}	78.50±0.76^{a}	67.94±3.92^{d}	75.84±0.94^{ab}	72.37±1.36^{abcd}	72.84±0.92^{abcd}	73.65±1.57^{abcd}	74.10±3.84^{abcd}	75.12±1.42^{abc}	70.80±1.21^{bcd}	69.02±1.61^{cd}	72.37±4.92	<0.05
天冬氨酸 Asp	66.66±1.40^{cde}	63.82±3.58^{e}	77.19±0.99^{ab}	64.75±4.04^{de}	70.45±1.70^{abcde}	70.60±1.73^{abcde}	73.22±0.77^{abc}	72.19±2.50^{abcd}	71.80±3.95^{abcd}	78.18±1.40^{a}	69.55±1.59^{bcde}	68.71±2.70^{cde}	70.68±5.83	<0.05
半胱氨酸 Cys	66.21±1.27^{cd}	62.73±2.16^{d}	79.19±1.36^{a}	62.75±4.82^{d}	70.39±1.85^{cd}	71.48±1.51^{bc}	71.71±1.59^{bc}	80.58±2.91^{a}	68.10±2.87^{cd}	78.38±1.65^{ab}	68.91±1.90^{cd}	70.97±3.97^{bc}	71.06±6.01	<0.05
谷氨酸 Glu	82.28±0.80^{bc}	78.77±2.08^{c}	85.76±0.59^{ab}	79.63±2.79^{c}	85.26±0.86^{ab}	82.07±1.19^{bc}	84.71±0.63^{ab}	84.65±1.30^{ab}	82.80±2.76^{bc}	89.32±0.81^{a}	82.64±1.10^{bc}	81.29±1.30^{bc}	83.33±3.63	<0.05
脯氨酸 Pro	72.16±0.72^{bcd}	68.45±3.12^{d}	77.84±1.06^{ab}	71.06±3.34^{bcd}	76.31±1.76^{abc}	74.96±1.50^{abcd}	76.16±0.48^{abc}	75.87±2.33^{abc}	72.55±4.09^{bcd}	81.16±1.13^{a}	73.55±1.48^{bcd}	69.56±2.44^{cd}	74.17±5.34	<0.05
丝氨酸 Ser	70.62±1.34^{b}	69.70±3.56^{b}	79.47±1.33^{a}	71.55±4.18^{ab}	76.15±1.81^{ab}	74.68±2.92^{ab}	74.08±0.86^{ab}	74.92±2.65^{ab}	74.69±3.64^{ab}	78.03±1.73^{ab}	72.43±2.05^{ab}	72.73±2.23^{ab}	74.11±6.02	0.21

chinaXiv:201812.00182v1

项目 Items	样品 Samples												平均值	*P* 值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	*P*-value
酪氨酸 Tyr	78.98±0.49^{ab}	76.34±2.37^{bc}	84.35±0.78^{a}	83.83±5.18^{a}	82.38±1.20^{ab}	79.25±1.61^{ab}	76.33±0.95^{bc}	78.56±1.94^{ab}	76.76±1.74^{bc}	79.03±2.51^{ab}	79.56±0.73^{ab}	71.28±1.37^{c}	78.81±4.77	<0.05
甘氨酸 Gly	68.94±0.51^{bcd}	62.40±2.17^{d}	76.61±2.38^{ab}	66.90±5.24^{cd}	70.36±2.34^{bc}	69.31±1.45^{bcd}	75.98±1.79^{ab}	74.69±1.84^{abc}	74.28±2.38^{abc}	80.01±1.31^{a}	74.34±1.61^{abc}	69.44±3.81^{bcd}	72.05±5.88	<0.05
总非必需氨基酸 Total NEAA	72.42±0.83^{bc}	68.77±2.44^{c}	78.54±0.79^{a}	68.39±3.34^{c}	75.64±1.02^{ab}	41.52±2.36^{d}	73.49±0.72^{abc}	73.40±1.53^{abc}	71.14±2.91^{bc}	78.22±1.11^{a}	71.43±1.32^{bc}	70.59±1.38^{bc}	70.73±4.29	<0.05
总氨基酸 Total AA	73.23±0.77^{bcd}	69.38±2.45^{d}	78.60±0.75^{a}	68.22±3.20^{d}	75.71±10.00^{abc}	37.27±2.42^{e}	72.53±0.70^{cd}	73.34±1.36^{bcd}	71.37±2.58^{cd}	77.93±1.02^{ab}	71.17±1.23^{cd}	70.80±1.39^{cd}	70.45±4.09	<0.05

同行数据肩标相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

3 讨　论

3.1　不同来源菜籽粕能量营养价值

Woyengo 等[11]测定浸提型和压榨型 2 种不同加工工艺的菜籽粕，其 CP、GE、NDF 和 EE 含量分别为 41.4%和 41.8%、20.133 和 21.753 MJ/kg、29.90%和 23.84%、5.54%和 12.03%，与本试验研究结果基本一致。Bayley 等[12]用 4 周龄肉鸡测定传统的 2 种菜籽粕的 ME 分别为 6.234 和 6.945 MJ/kg；当使 2 种菜籽粕的 CF 含量分别降低到 8%和 10%时，测定的 ME 升高为 9.163 MJ/kg；而当 CF 含量都升高到 23%时，测定的 2 种菜籽粕的 ME 分别为 5.690 和 6.527 MJ/kg；表明饲料原料的 CF 含量会影响其 ME。本试验使用玉米淀粉稀释的方法测定菜籽粕的 ME，稀释过的 CF 含量为 5.78%~9.85%，测定菜籽粕的平均 ME 为 8.627~9.326 MJ/kg，基本在其测定范围之内。Chen 等[13]测定传统菜籽粕和新型育种技术培养菜籽粕的 TMEn 分别为 9.519 和 10.267 MJ/kg DM，高于本试验结果。表明通过育种技术降低硫代葡萄糖苷的含量以及在加工工程中的脱皮技术都能提高菜籽粕的 ME[14-15]。

3.2　不同来源菜籽粕氨基酸营养价值

Woyengo 等[11]测定浸提型和压榨型 2 种不同类型菜籽粕的氨基酸含量时发现，浸提型菜籽粕的氨基酸含量范围为 0.69%~2.22%，压榨型菜籽粕的氨基酸含量范围为 0.68%~2.43%，均为 Met 含量最低，Arg 含量最高。本试验除菜籽粕样品 10 为压榨型，其余菜籽粕样品均为预压浸提型，氨基酸含量与前人研究结果一致。Woyengo 等[11]报道，压榨型菜籽粕的表观和标准氨基酸消化率高于浸提型，这可能是由于压榨型菜籽粕中的油脂含量高。Li 等[16]和 Cervantes-Pahm 等[17]在猪上的研究也有类似的结果，可能是由于脂肪含量高，降低胃的排空速度而引起的。Jia[18]等也报道，高蛋白质水平和低纤维水平的菜籽粕会使肉鸡的 AMEn 和氨基酸利用率增加。菜籽粕中 Met 的真利用率高于其他氨基酸（除 Arg 外），可能与菜籽粕自身的含硫氨基酸高于其他饼粕类有关。菜籽粕样品 2 的 10 种氨基酸和菜籽粕样品 4 的 3 种氨基酸的真利用率低于其他菜籽粕样品，可能与菜籽粕样品 2 和 4 的 NDF、ADF 和 CF 含量均高于其他菜籽粕样品有关。

4 结　论

chinaXiv:201812.00182v1

① 不同来源菜籽粕的营养成分含量差异很大，以 NDF、ADF、EE 和 Ash 的 CV 较大。12 个菜籽粕样品的氨基酸平均含量为 0.72%~6.55%，Lys 的 CV 最大，为 18.97%。

② 不同来源菜籽粕的 ME 差异显著（$P<0.05$），12 个菜籽粕样品的 AME、AMEn、TME、TMEn 的平均值分别为 8.627、9.029、9.326 和 8.970 MJ/kg；不同来源菜籽粕的 TAAA 差异显著（除 Met、Thr 和 Ser 外）（$P<0.05$），必需氨基酸真利用率的平均值为 70.81%，非必需氨基酸真利用率的平均值为 70.43%，总氨基酸真利用率的平均值为 70.45%。

参考文献：

[1] 蒋小松,朱庆,杜华锐,等.大恒优质肉鸡育种研究与应用[C]//第十三次全国家禽学术讨论会论文集.郑州:中国畜牧兽医学会,2007.

[2] 向荣.不同处理棉(菜)粕中氨基酸和小肽含量变化及其在鸡消化道中利用规律研究[D].硕士学位论文.长沙,湖南农业大学,2011:1-2.

[3] 苗静平.菜籽粕在饲料生产上的应用前景[J].饲料广角,2014(5):40-41.

[4] MULROONEY C,SCHINGOETHE D,KALSCHEUR K,et al. Canola meal feed industry guide[J].Journal of dairy science,2009,92(11):5669-5676.

[5] MCNAB J M,BLAIR J C.Modified assay for true and apparent metabolisable energy based on tube feeding[J].British Poultry Science,1988,29(4):697–707.

[6] POPPEMA T F,DUKE G E.The effectiveness of ligating or detaching ceca as an alternative to cecectomy[J].Poultry Science,1992,71(8):1384–1390.

[7] ADEOLA O,RAGLAND D,KING D.Feeding and excreta collection techniques in metabolizable energy assays for ducks[J].Poultry Science,1997,76(5):728–732.

[8] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:48–135.

[9] 呙于明.家禽营养[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2004:403–404.

[10] LIKUSKI H J A,DORRELL H G.A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values[J].Poultry Science,1978,57(6):1658–1660.

[11] WOYENGO T A,KIARIE E,NYACHOTI C M.Metabolizable energy and standardized ileal digestible amino acid contents of expeller-extracted canola meal fed to broiler chicks[J].Poultry Science,2010,89(6):1182–1189.

chinaXiv:201812.00182v1

chinaXiv:201812.00182v1

[12] BAYLEY H S,HILL D C.Nutritional evaluation of low and high fibre fractions of rapeseed meal using chickens and pigs[J].Canadian Journal of Animal Science,1975,55(2):223–232.

[13] CHEN X,PARR C,UTTERBACK P,et al.Nutritional evaluation of canola meals produced from new varieties of canola seeds for poultry[J].Poultry Science,2015,94(5):984–991.

[14] SLOMINSKI B A,CAMPBELL L D.Non-starch polysaccharides of canola meal:Quantification,digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,1990,53(2):175-184.

[15] SLOMINSKI B A,JIA W,ROGIEWICZ A,et al.Low-fiber canola.Part 1.Chemical and nutritive composition of the meal[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2012,60(50):12225–12230.

[16] LI S,SAUER W C.The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs[J].Journal of Animal Science,1994,72(7):1737–1743.

[17] CERVANTES-PAHM S K,STEIN H H.Effect of dietary soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soybean products fed to growing pigs[J].Journal of Animal Science,2008,86(8):1841–1849.

[18] JIA W,MIKULSKI D,ROGIEWICZ A,et al.Low-fiber canola.Part 2.Nutritive value of the meal[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2012,60(50):12231–12237.

Evaluation of Metabolizable Energy and Amino Acids Nutrient Value of Different Rapeseed Meals for *Daheng* Broilers

ZHANG Chanjuan WANG Jianping DING Xuemei ZENG Qiufeng BAI Shiping ZHANG Keying*

(*Key Laboratory of Animal Disease-Resistant Nutrition of Ministry of Education, Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Ya'an,* 625014, *China*)

Abstract: This study was conducted to evaluate metabolizable energy (ME) and amino acids nutritent value of different rapeseed meals for *Daheng* broilers by using true ME (TME) assay. Twelve rapeseed meal samples were collected from feed enterprises in *Sichuan* province and its ME and true

*Corresponding author, professor, E-mail: zkeying@sicau.edu.cn （责任编辑 李慧英）

ChinaXiv合作期刊

availabilities of amino acid (TAAA) were determined. ME evaluation included 3 batches metabolic test, 48 normal broilers per batch were randomly assigned to 6 groups with 8 replicates per group and 1 chicken per replicate. TAAA evaluation included 3 batches metabolic test, 36 caecectomized broilers per batch were randomly assigned to 6 groups with 6 replicates per group and 1 chicken per replicate. An endogenous group was prepared in every batch, and 10-day recovery between each batch was set up. TME assay was used to investigate the ME, including feed withdrawal for 48 h before feeding test samples and then 2% of body weight of diets to be measured for force feeding, with 48 h of excreta collection period; whereas the group for endogenous collection was continued to fast and collected the excreta for 48 h. The results showed as follows: 1) The mean contents of dry matter (DM), crude protein (CP), gross energy (GE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude fiber (CF), ether extract (EE) and ash of 12 rapeseed meal samples were 87.67%, 42.10%, 19.75 MJ/kg, 39.99%, 16.13%, 15.15%, 2.40% and 9.10%, respectively. The coefficient of variation (CV) of NDF, ADF, EE and ash were greater than 15%. 2) The means of apparent ME (AME), nitrogen corrected AME (AMEn), TME and nitrogen corrected TME (TMEn) of 12 rapeseed meal samples were 8.627, 9.029, 9.326, and 8.970 MJ/kg, respectively. There was significant difference in ME of different rapeseed meals (P<0.05). 3) The mean contents of amino acids of 12 rapeseed meal samples were ranged from 0.72% to 6.55%. The maximum CV of lysine was 18.97%. 4) The means of TAAA of 12 rapeseed meal samples were ranged from 68.37% to 88.92%. There was significant difference in TAAA of different rapeseed meals except for methionine, threonine and serine (P<0.05). The means of true availabilities of essential amino acids, non-essential amino acids and total amino acids were 70.81%, 70.43%, and 70.45%, respectively. It is concluded that: 1) there are differences in AME, AMEn, TME, and TMEn of different rapeseed meals. 2) There are differences in TAAA of different rapeseed meals for *Daheng* broilers.

Key words: *Daheng* broilers; rapeseed meal; metabolisable energy; true availabilities of amino acids

chinaXiv:201812.00182v1